

Mikael Skarevik

## **SÄHKÖNSYÖTÖN VARMENTAMINEN LAITETILOISSA**

# **SÄHKÖNSYÖTÖN VARMENTAMINEN LAITETILOISSA**

Mikael Skarevik  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Sähkötekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, sähkövoimatekniikka.

---

Tekijä: Mikael Skarevik

Opinnäytetyön nimi: Sähkönsyötön varmentaminen laitetoissa

Työn ohjaaja: Pekka Rantala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: (35)

---

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää varmennetun sähköverkon heikot kohdat ja tuoda esille uusia tapoja toteuttaa sähköverkon varmennus laitetoissa. Uusina tapoina on tässä opinnäytetyössä tuotu esille superkondensaattorit ja DRUPS-järjestelmät. Työssä teorian materiaaleina toimivat ST-käsikirjat. Tietoa etsittiin myös eri nettilähteistä ja tutkimuksista. Työtä varten haastateltiin alan ammattilaisia ja kokeneita osajia.

Työn tuloksena saatiin kartoitettua yleisimpiä ongelmia varmennetuissa sähköverkoissa. Tämän selvityksen kautta suurimmiksi ongelmakohdiksi osoittautuivat varavoimakoneiden jäähdytysjärjestelmät. Lisäksi kiinnitettiin huomiota varavoimakoneen käynnistysakkuihin, verkkokontaktoreihin, sekä toimintasuunnitelman laatimiseen ongelmatilanteiden varalle.

Työssä esitettäviä asioita voidaan hyödyntää varavoimalaitteiden huollossa, huoltosuunnitelman laatimisessa, laitetojen varmennuksen suunnittelussa ja niiden laajentamisessa. Tilaja Caverion Suomi oy haluaa tarjota asiakkailleen tuotantotehokkaita ja nykypäiväisiä ratkaisuja varmennettuun sähköverkkoon.

---

Asiasanat: varavoimakone, UPS, DRUPS, superkondensaattori, varavoimakonehuoneen huolto

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Electrical and automation engineering, Electrical engineering

---

Author: Mikael Skarevik

Title of thesis: Ensuring Power Supply in Data Centers

Supervisor: Pekka Rantala

Term and year when the thesis was submitted: 2018 Spring      Number of pages: (35)

---

The purpose of this report was to clarify the weak points of certified power grids, and to present new ways to carry out the verification of the power grid in the data center: super capacitors and DRUPS-systems. The theoretical basis of this report comes from ST-manuals. Information was sought from different studies and internet sources. Also experts in the field were interviewed.

As a result of the report, the most common problems with certified power grids were identified. The biggest problem areas turned out to be the cooling systems of the certified power grids. In addition, the starter battery, the network contactor and the establishment of an action plan for problematic situations, were also addressed in this report.

The aspects presented in this report can be utilized in the maintenance of the certified power grids. This report offers data for composing a maintenance plan, for designing the certification of data centers and for expanding them. The orderer of this report, Caverion Suomi oy wants to offer its customers productive and modern solutions for the certified power grid.

---

Keywords: Diesel generator, UPS, DRUPS, Supercapacitor, Diesel generator maintenance



# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	7
2 VARMUUSTASOT	8
2.1 Viestintäjärjestelmien varmuustasot	8
2.2 Viestintäverkkojen sähkönsyötön varmistaminen	10
2.3 Tier-luokitukset	12
3 SÄHKÖNSYÖTÖN MALLIT	13
3.1 Saarekemalli	13
3.2 Katkotta verkonsyöttöön palautuva varavoimalaitos	15
3.3 Jakeluverkon rinnalla toimiva varavoimalaitos	15
4 SÄHKÖNSYÖTÖN VARMENTAMINEN	16
4.1 Varavoimakone	16
4.1.1 Varavoimakonehuone	17
4.1.2 Varavoimakonehuoneen jäähdytys	19
4.1.3 DRUPS-Järjestelmä	20
4.1.4 Generaattori	20
4.2 UPS-järjestelmät	21
4.3 Akusto	21
4.3.1 Akkuhuone	22
4.3.2 Akkuhuoneen ilmastointi	23
4.4 Tasasuuntaajajärjestelmät	23
5 HUOLTO	24
5.1 SFS 6002-standardin mukaiset huolto-ohjeistukset ja määräykset	24
5.2 Yleisimmät varavoimakoneen huoltotoimenpiteet	25
5.3 Varavoimakonehuollon erityistä huomiota vaativat kohdat	26
5.3.1 Jäähdytysnesteen putkisto	26
5.3.2 Termostaatti	26
5.3.3 Jäähdytysnesteen vaihtaminen	27
5.3.4 Verkkokontaktori	27
5.3.5 Dieselmoottorin käynnistysakut	28

5.3.6 Akkulaturi	29
5.3.7 Automatiikan vaihtaminen	29
5.4 UPS-järjestelmien, tasasuuntaajien ja akuston huolto	30
5.5 Tarvikkeiden yhdenmukaisuus	30
5.6 Varavoimakoneen vikatilanteisiin varautuminen	30
5.7 Pitkän tähtäimen suunnitelma	32
6 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	34

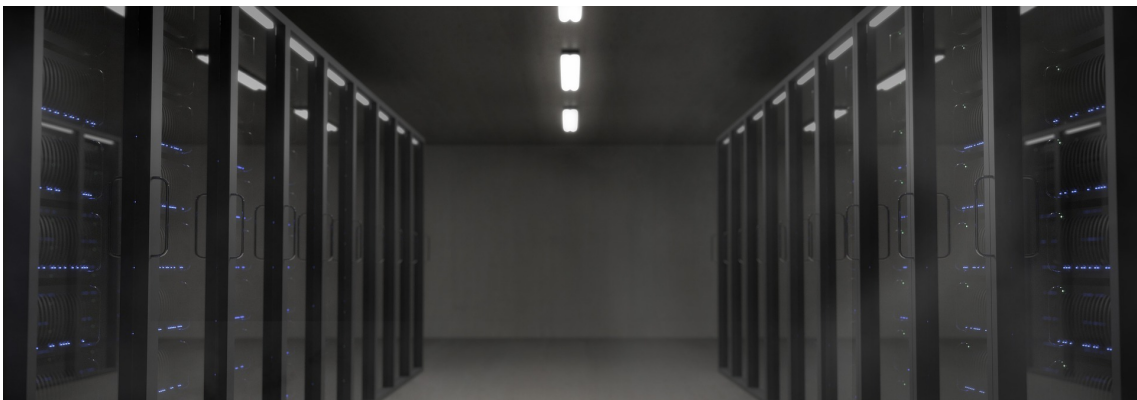
# 1 JOHDANTO

Nykypäivänä laitetiloista on tullut lähes yhtä kriittisiä kohteita kuin sairaaloista, sillä ne pitävät sisälleen muun muassa yritysten ja yksityishenkilöiden puhelin- ja dataliittymät sekä pilvipalveluita (kuva 1). Kriittisyysluokat määrittelee viestintävirasto. Jotta voitaisiin varmistaa tietoliikenneverkkojen ylläpito jokaisessa mahdollisessa tilanteessa, täytyy olla vaihtoehtoinen ratkaisu sähkönsyöttöön sähkönjakelun katkoksen varalta. Tähän ongelmaan tulevat ratkaisuksi varavoimalaitokset.

Varavoimalaitokset takaavat laitetiloissa katkeamattoman sähkönsyötön joka tilanteessa. Jotta päästään tähän kunnianhimoiseen lopputulokseen, on varmistettava varavoimalaitoksen toimivuus hätätilanteessa. Ihanteellisessa tilanteessa varavoimalaitoksia ei tarvittaisi koskaan. Nykypäivänä verkkokatkokset ovat melko harvinaisia kaupunkiseudulla. Siitä huolimatta verkkokatkon sattuessa varavoimalaitoksen on toimittava.

Varavoimalaitos tarvitsee jatkuvaa huolenpitoa ja huoltoa. Sitä täytyy koekäyttää säännöllisin väliajoin. Varavoimakoneen moottori tarvitsee samankaltaista huoltoa kuin esimerkiksi henkilöauton moottori.

Tämän työn tarkoituksena on kartoittaa varavoimalaitoksien heikot kohdat ja määrittää toimiva ratkaisu niiden aiheuttamien ongelmatilanteiden ratkaisemiseksi. Työn tilaaja Caverion Suomi Oy haluaa varmistaa asiakkailleen mahdollisimman korkealaatuista huoltoa ja ylläpitoa sähkönvarmuuden takaamiseksi.



KUVA 1. Laitetila (1).

## 2 VARMUUSTASOT

Lainsäädännöt ja määräykset määrittävät osaltaan sähkönsyötön varmennukselle asetettuja vaatimuksia yhteiskunnallisten toimintojen, huoltovarmuuden, ihmisten ja omaisuuden turvaamiseksi. Jotta tämä onnistuisi, on kohde tunnettava hyvin ja sen käyttötarkoituksista on oltava laaja-alainen ymmärrys. Tämän mahdollistamiseksi analyysit ja riskikartoitukset ovat tärkeässä roolissa, sillä ilman tarpeeksi kattavaa ymmärrystä ja kuvaa kohteesta, on sähkönjakelun ja syötön varmennusta mahdotonta toteuttaa ja suunnitella luotettavasti ja riittävän hyvin. (2, s. 27.)

Henkilöturvaaminen ja omaisuuden turvaaminen on turvallisuusajattelussa jaettu kahdeksi osa-alueeksi. Kattava tuntemus kummastakin on tärkeää, sillä turvallisuuteen tehtävät panostukset on toteutettava oikein kohdistettuna. Kuitenkin usein osa-alueiden varmennustarpeet linkittyvät toisiinsa. Nämä yhteneväisyydet voivat olla helpommissa tapauksissa suoria, mutta usein myös välillisiä. (2, s. 28.)

### 2.1 Viestintäjärjestelmien varmuustasot

Viestintäviraston määräyksessä 54 B/2014 M on määritelty omat vaatimukset koskien laittilojen sähkönvarmennusta. Laittilat voivat pitää sisällään mm. yritysten matkapuhelinverkot, dataliittymät ja palvelimet. Dataliittymistä voivat olla riippuvaisia muun muassa kaupat, pankit ja puolustusvoimat. Tästä syystä sähkökatkos tulee välttää kaikin keinoin. (2, s. 32.) (3.)

Viestintäviraston määräyksissä on asetettu tietyt vaatimukset viestintäjärjestelmien toimivuudesta sähkökatkon aikana. Määräys pitää sisällään viranomais-, yleiset viestintä-, televisio- ja radioverkot. Määräyksen tarkoituksena on taata yhteiskunnallisesti tärkeiden viestintäkanavien ja yleisien viestintäverkkojen toimivuus laajoissakin sähkönjakeluverkon häiriöissä. Viestintävirasto määrittelee viestintäverkot tai niihin liittyvät palvelut tärkeysluokkiin. Tärkeysluokkia on 1–5. 1-luokka on kriittisin ja 5-luokka on vähiten kriittinen (taulukko 1). Tärkeysluokan määrittämiseen vaikuttavat muun muassa viestintäpalvelun tyyppi, käyttäjämäärä ja maantieteellinen vaikutusalue pinta-alan perusteella. Matkaviestintäverkon tukiasemaohjaimet ovat aina tärkeysluokassa 1 tai 2. Teleyritykset ovat itse vastuussa tärkeysluokitusta vaativien laitteiden ja tilojen luokitusten määrittämisestä, dokumentoinneista ja ajantasaisuudesta. (3.)

TAULUKKO 1. Viestintäverkon tärkeysluokat (3).

Tärkeysluokka	Viestintäverkon tai -palvelun komponentti
<b>1</b>	Komponentti, joka vaikuttaa viestintäpalveluihin yli 60 000 km <sup>2</sup> alueella tai  komponentti, joka vaikuttaa suuruusluokaltaan <ul style="list-style-type: none"> <li>• ≥ 200 000 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun tai</li> <li>• ≥ 200 000 käyttäjän tekstiviestipalveluun tai</li> <li>• ≥ 200 000 käyttäjän internetyhteyspalveluun tai</li> <li>• ≥ 500 000 käyttäjän sähköpostipalveluun tai</li> <li>• ≥ 300 000 käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai</li> <li>• ≥ 600 000 käyttäjän muuhun viestintäpalveluun.</li> </ul>
<b>2</b>	Komponentti, joka vaikuttaa viestintäpalveluihin yli 20 000 km <sup>2</sup> alueella tai  komponentti, joka vaikuttaa suuruusluokaltaan <ul style="list-style-type: none"> <li>• ≥ 50 000 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun tai</li> <li>• ≥ 50 000 käyttäjän tekstiviestipalveluun tai</li> <li>• ≥ 50 000 käyttäjän internetyhteyspalveluun tai</li> <li>• ≥ 200 000 käyttäjän sähköpostipalveluun tai</li> <li>• ≥ 100 000 käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai</li> <li>• ≥ 300 000 käyttäjän muuhun viestintäpalveluun.</li> </ul>
<b>3</b>	Komponentti, joka vaikuttaa <ul style="list-style-type: none"> <li>• ≥ 1000 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun tai</li> <li>• ≥ 20 000 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun, joka tarjotaan internet-yhteyspalvelun päällä tai</li> <li>• ≥ 10 000 käyttäjän tekstiviestipalveluun tai</li> <li>• ≥ 1200 käyttäjän internetyhteyspalveluun tai</li> <li>• ≥ 2500 käyttäjän internetyhteyspalveluun, joka on tuotettu koaksiaalikaapelipohjaisella kaapelitelevisioverkol- la tai</li> <li>• ≥ 100 000 käyttäjän sähköpostipalveluun tai</li> <li>• ≥ 50 000 käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai</li> <li>• ≥ 100 000 käyttäjän muuhun viestintäpalveluun.</li> </ul>
<b>4</b>	Komponentti, joka vaikuttaa <ul style="list-style-type: none"> <li>• ≥ 250 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun tai</li> <li>• ≥ 10 000 käyttäjän yleiseen puhelinpalveluun, joka tarjotaan internet-yhteyspalvelun päällä tai</li> <li>• ≥ 250 käyttäjän internetyhteyspalveluun tai</li> <li>• ≥ 1500 käyttäjän internetyhteyspalveluun, joka on tuotettu koaksiaalikaapelipohjaisella kaapelitelevisioverkol- la tai</li> <li>• ≥ 30 000 käyttäjän sähköpostipalveluun tai</li> <li>• ≥ 20 000 käyttäjän joukkoviestintäpalveluun tai</li> <li>• ≥ 50 000 käyttäjän muuhun viestintäpalveluun.</li> </ul>
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kiinteän puhelinverkon keskitin tai</li> <li>• kiinteän verkon internetyhteyspalvelun laajakaistakes- kitin joka palvelee yli 100 käyttäjää tai</li> <li>• kiinteän langattoman internetyhteyspalvelun tukiasese- ma tai</li> <li>• maanpäällisen joukkoviestintäverkon komponentti, jo- ka palvelee yli 50 kotitaloutta tai</li> <li>• kuitukaapelipohjaisen kaapelitelevisioverkon kompo- nentti, joka palvelee yli 50 kotitaloutta tai</li> <li>• koaksiaalikaapelipohjaisen kaapelitelevisioverkon komponentti, joka palvelee yli 4000 kotitaloutta tai</li> <li>• komponentti, joka vaikuttaa yleiseen puhelinpalveluun tai</li> <li>• komponentti, joka vaikuttaa yli 5 000 käyttäjän säh- köpostipalveluun.</li> </ul>

## 2.2 Viestintäverkkojen sähkönsyötön varmistaminen

Viestintäviraston määräyksen mukaan kun kyseessä on sähköverkko, jossa on viestintäverkon tai -palvelun komponentteja, tulee sähkönsyötön olla varmennettu. Sähkönsyöttö on varmennettava varateholähteellä ja tehonsyöttölaitteella vikojen ja valtakunnallisten sähköverkkokatkoksien varalta. Sähköverkon varmennusvaatimukset perustuvat edellisellä sivulla mainittuihin tärkeysluokkiin. Jokaiseen tärkeysluokkaan on määritelty omat vaatimukset sähkönsyötön varmentamisen osalta (taulukko 2). Korkeimman luokituksen saaneelta laitetilalta vaaditaan N+1 varmennus, jossa N kuvaa nykyistä tarvetta ja numero sen perässä sitä, kuinka moninkertaisen varmistuksen se vaatii. (3.)

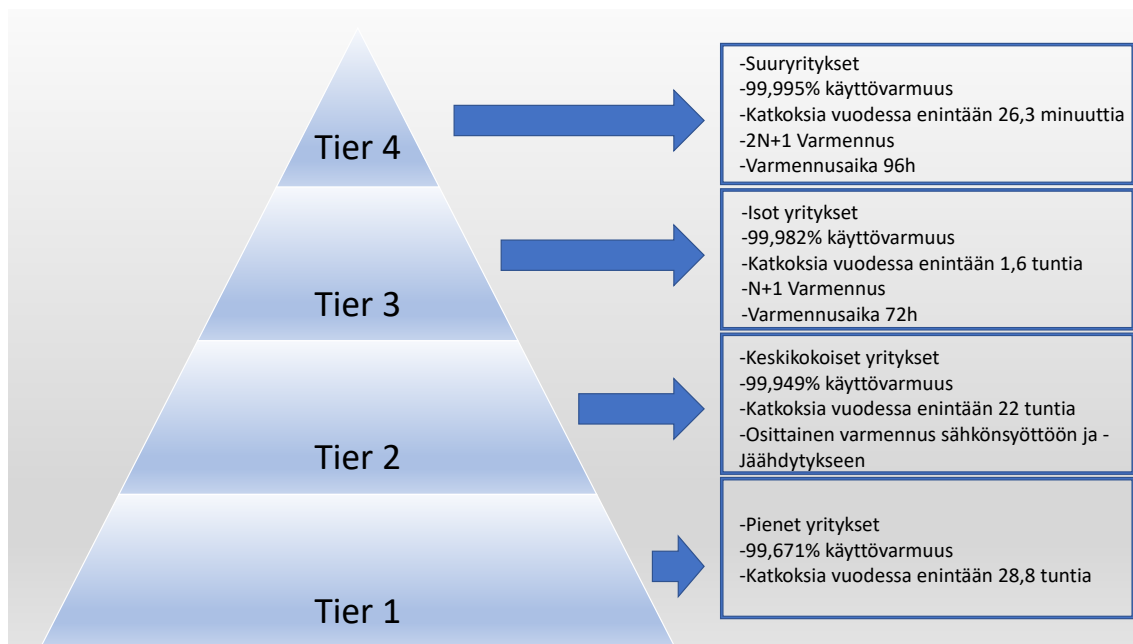
TAULUKKO 2. Viestintäverkon tärkeysluokkien vaatimukset (3).

Tärkeys- luokka <sup>8)</sup>	Varateholähteen varmistusaika <sup>1), 2)</sup>	Varavoimailaitos ja muut vaatimukset
<b>1</b>	≥ 3 tuntia <sup>9)</sup>	Kiinteä varavoimailaitos, jonka varmistuksena on: <sup>3), 9)</sup>  - kiinteän varavoimailaitoksen N+1 -varmistus tai - varateholähteen varmistusajan pidentäminen vähintään 6 tuntiin tai - käytettävissä oleva siirrettävä varavoimailaitos liitännämahdollisuuksineen
<b>2</b>	≥ 6 tuntia <sup>4)</sup>	Kiinteä varavoimailaitos tai käytettävissä oleva siirrettävä varavoimailaitos liitännämahdollisuuksineen
<b>3</b>	≥ 12 tuntia <sup>4), 5)</sup>	Siirrettävän varavoimailaitoksen liitännämahdollisuus, jos varavoimailaitoksen käyttö on kohteessa mahdollista
<b>4</b>	≥ 6 tuntia <sup>4)</sup>	Siirrettävän varavoimailaitoksen liitännämahdollisuus, jos varavoimailaitoksen käyttö on kohteessa mahdollista
<b>5</b>	≥ 3 tuntia <sup>6), 7)</sup>	Siirrettävän varavoimailaitoksen liitännämahdollisuus, jos varavoimailaitoksen käyttö on kohteessa mahdollista

- 1) Maanpäällisen joukkoviestintäverkon lähettimille ei vaadita varateholähdettä, jos lähettimen tehonsyöttö on varmistettu kiinteällä varavoimailaitoksella.
- 2) Viestintäverkon tai -palvelun komponenttilta ei vaadita varateholähdettä, jos komponentti on sijoitettu asiakaskiinteistössä olevaan laitetilaa ja komponentti palvelee vain kyseistä kiinteistöä.
- 3) Kiinteän varavoimailaitoksen varmistusta ei vaadita maanpäällisen joukkoviestintäverkon lähettimiltä, jos varmistusta ei ole toteutettavissa kohtuullisin kustannuksin.
- 4) Jos viestintäverkon tai -palvelun komponentti on kytketty tehonsyöttöjärjestelmään, jossa tehonsyötön varmistuksena on kiinteä varavoimailaitos, varateholähteen minimivarmistussajaksi riittää 3 tuntia.
- 5) Jos viestintäverkon tai -palvelun komponentti sijaitsee taajamassa, varateholähteen minimivarmistussajaksi riittää 6 tuntia.
- 6) Matkaviestinverkon peruspeiton tukiaseman ja sitä palvelevan siirtojärjestelmän komponentin varateholähteen varmistusajan tulee olla:
  - ≥ 4 tuntia vähintään 30 %:lla taajaman ulkopuolella sijaitsevista tukiasemista,
  - ≥ 2 tuntia, jos tukiasema on taajamassa sijaitseva kiinteistötukiasema,
  - ≥ 15 minuuttia, jos tukiasema on LTE-verkon tai mobiili-WiMAX -verkon tukiasema.
- 7) Jos laitetilaa ei ole mahdollista päästä paikalle varateholähteen ≥ 2 - 4 tunnin minimivarmistussajassa laittilan kaukaisen sijainnin, maasto-olosuhteiden tai odotettavissa olevien keliolosuhteiden vuoksi, tulee varateholähteen minimivarmistusaika pidentää 6 tuntiin.
- 8) Tärkeysluokalla tarkoitetaan 3 §:ssä määriteltyä viestintäverkon tai -palvelun komponentin tärkeysluokkaa.
- 9) Siirtojärjestelmiin tarvittaessa sovellettava poikkeus: jos siirtojärjestelmän komponentin sijaintipaikan läheisyydessä ei ole tärkeysluokan 1 tehonsyötön varmistuksen vaatimukset täyttävää laitetilaa, sovelletaan siihen tärkeysluokan 2 mukaisia tehonsyötön varmistuksen vaatimuksia.

## 2.3 Tier-luokitukset

Konesalien käyttövarmuutta kuvataan myös amerikkalaisen Uptime Institute-säätiön tier-luokituksilla (kuva 2). Tier tarkoittaa suomeksi tasoa. Tier-luokkia on neljä, joista neljäs luokka on käyttövarmuudeltaan paras ja ensimmäinen puolestaan heikoin. Tier-luokituksia käytetään osoittamaan asiakkaalle laittilan palvelutaso. Jotta päästäisiin näihin tier-luokan asettamiin rajoihin, vaaditaan varavoimajärjestelmältä äärimmäistä käyttövarmuutta. (4.)



KUVA 2. Tier-luokitukset (4).

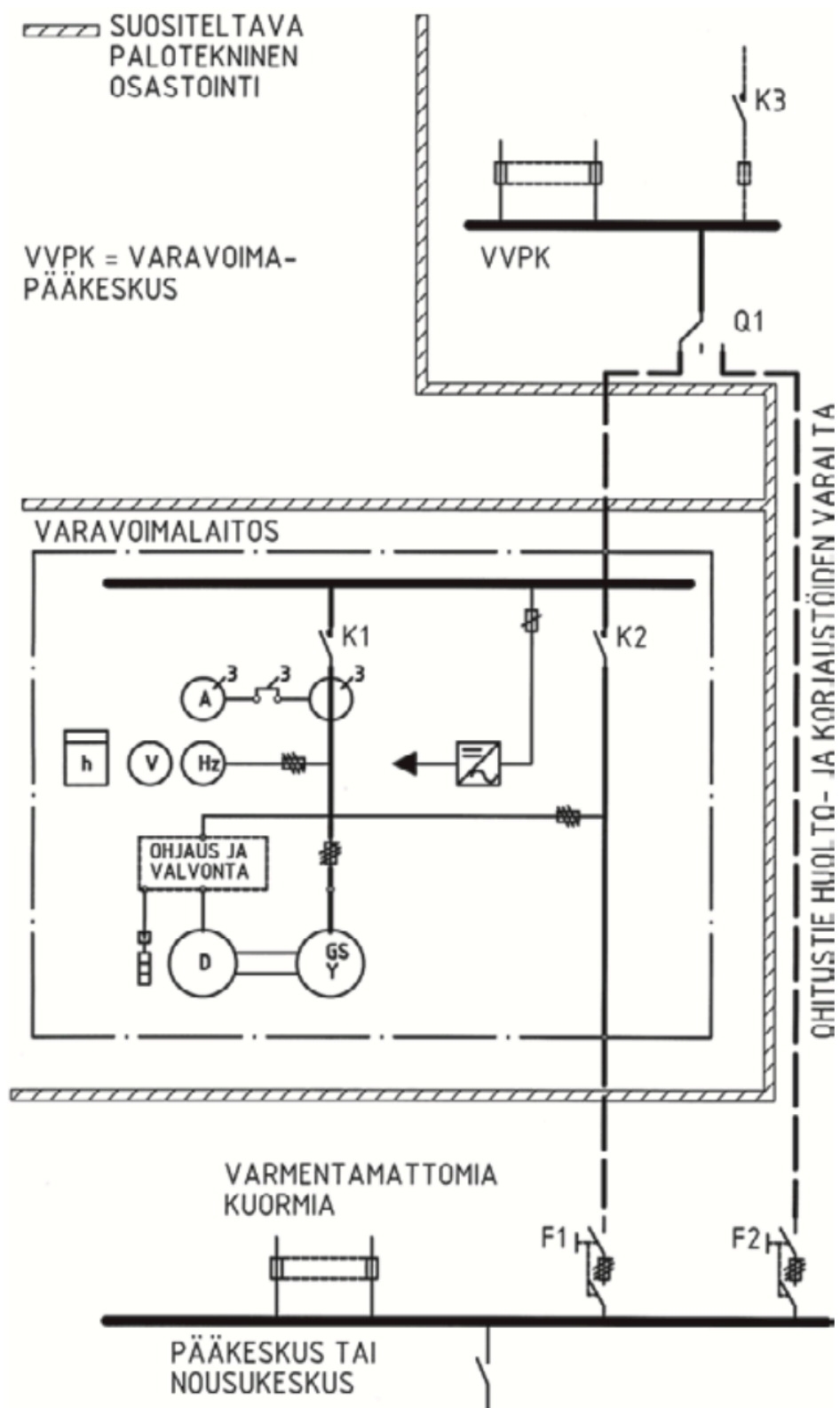


### 3 SÄHKÖNSYÖTÖN MALLIT

#### 3.1 Saarekemalli

Varavoimakone, joka toimii saarekkeessa, on erotettu jakeluverkosta. Tämä tarkoittaa sitä, että laite, jota syöttää jakeluverkko, ei toimi vikatilanteessa, jos sitä ei ole kytketty varavoimakoneen saarekkeeseen. Aina kun vaihdetaan syöttöä varavoimakoneen ja jakeluverkon välillä, syntyy noin 1–2 sekuntia kestävä katkos. Tämän vaihdon voi toteuttaa katkottomasti esimerkiksi akustolla. Kuvassa 3 on kuvattu esimerkki saarekemallin varavoimalaitoksesta. Sähkökatkon sattuessa K2 avautuu ja K1 sulkeutuu ja varavoimakone syöttää kuormaa. Verkon palaututtua K1 avautuu ja K2 sulkeutuu, jolloin laitteisto on normaalitilanteessa. Mikäli jakeluverkon jännite laskee alle 85%:n, tai jännitteen syötön katketessa, varavoimakone käynnistyy automaattisesti. Tällöin sähkönsyöttö siirtyy varavoimakoneelle. Varavoimakoneen käynnistyminen kestää tavallisesti noin 5–10 sekuntia. (2, s. 73.)

Vikatilanteessa katkeamaton sähkönsyöttö voidaan järjestää akustolla. Akusto syöttää kuormaa varavoimakoneen käynnistymisen ajan. Sähkönsyöttö siirtyy takaisin kiinteistön sähköverkkoon tilanteen palaututtua ja tietyn määräajan jälkeen. Tämä aika on yleensä noin 15 minuuttia. Akusto syöttää kuormaa palautuksen ajan. Sähkönsyötön palaututtua normaaliin, varavoimakone pysähtyy asetetun jälkikäyntiajan jälkeen. Tämä aika on yleensä neljä minuuttia. Saarekemallissa varavoimalaitos voidaan tarvittaessa erottaa muusta verkosta esimerkiksi huolto- tai korjaustöiden ajaksi. (2, s. 73.)



KUVA 3. Pääkaavio saarekemallin varavoimalaitoksesta (2).

### **3.2 Katkotta verkonsyöttöön palautuva varavoimalaitos**

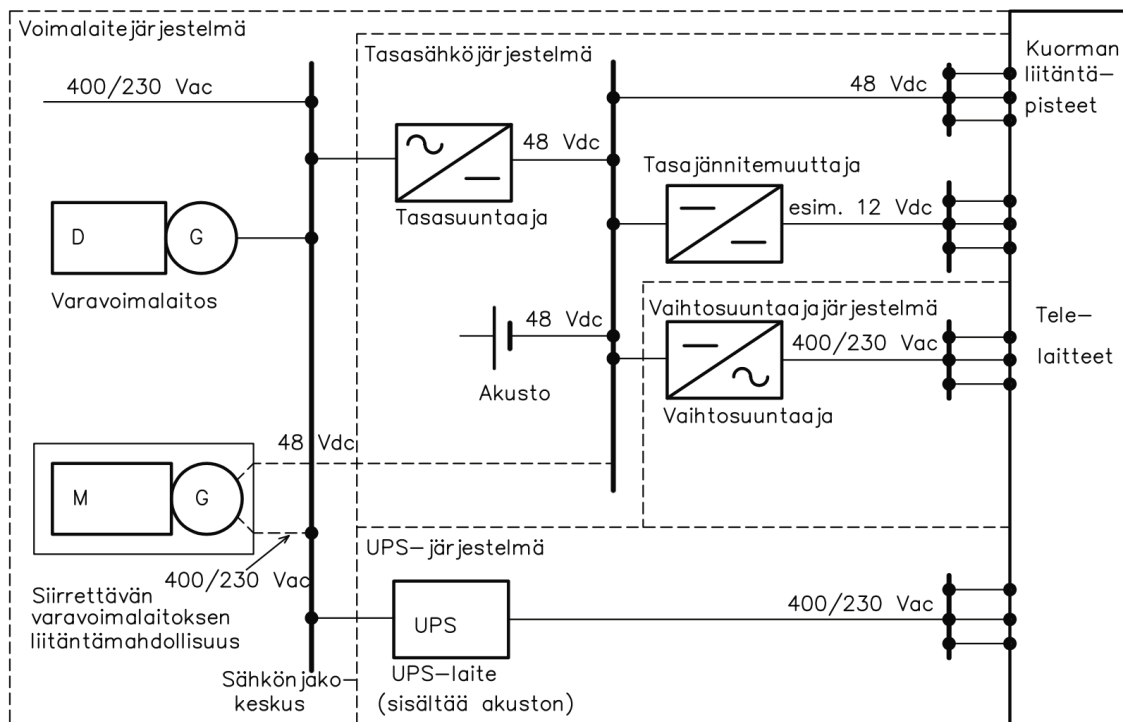
Katkotta verkonsyöttöön palautuvaa varavoimalaitosta käytetään, kun halutaan pystyä palautumaan jakeluverkkoon ilman sähkökatkosta. Tämä mahdollistuu, kun varavoimakone käy muuttaman sekunnin verkon rinnalla. Tämän tyyppistä varavoimalaitosta voidaan koekäyttää ilman katkoksia. Tämän laitostyyppin mahdollistamiseen tarvitaan automatiikalta tahdistus ja pätö- sekä loistehon vakavointi. Tätä sähkönsyötön mallia käytettäessä tulee varmistaa generaattori- ja verkon pääkatkaisijoiden riittävä oikosulkuvirran katkaisukyky. Lisäksi koko kojeisto tulee olla mitoitettu riittävän suurelle oikosulkuvirralle. (2, s. 78.)

### **3.3 Jakeluverkon rinnalla toimiva varavoimalaitos**

Rinnalla toimivasta sähkönsyötöstä puhutaan silloin, kun verkko ja varavoimalaitos toimivat rinnakkain toistensa kanssa. Rinnankäyttö viittaa tilanteeseen, jossa verkko ja varavoimalaitos toimivat rinnakkain keskenään galvaanisessa yhteydessä. Tämän laitostyyppin mahdollistamiseen tarvitaan automatiikalta tahdistus, pätö- sekä loistehon vakavointi ja takatehosuojaus generaattorille. Lisäksi jos rinnankäynnin aikana tapahtuu verkkokatkos, tulee varavoimalaitoksella olla suojarole, joka estää sähkön syötön sähkölaitoksen verkkoon. (2, s. 78.)

## 4 SÄHKÖNSYÖTÖN VARMENTAMINEN

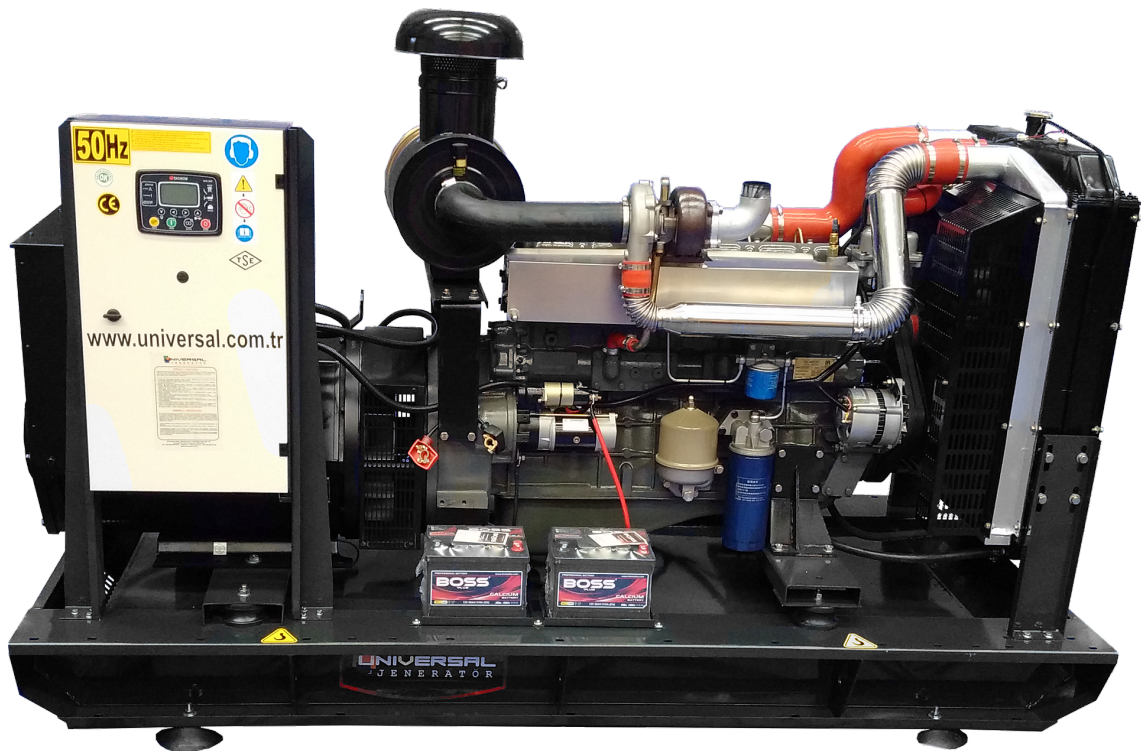
Sähkönsyötön varmennusjärjestelmä voi koostua monesta komponentista, kuten varavoimalaitoksesta, akustosta, UPS-laitteistosta ja tasasuuntaajasta (kuva 4). UPS tulee englanninkielien sanoista uninterruptible power supply. Tämä tarkoittaa suomeksi keskeytymätöntä virransyöttöä. Näiden komponenttien avulla saavutetaan tarvittava käyttövarmuus.



KUVA 4. Laitetilan sähkövarmennuksen periaatekuva (2).

### 4.1 Varavoimakone

Varavoimakone eli varavoimalaitos on laite, joka muodostaa sähköenergiaa liike-energiasta generaattorin avulla (kuva 5). Varavoimakoneen tehtävä on tuottaa sähköenergiaa silloin, kun ensisijainen sähköntuottaja ei siihen kykene. Varavoimakoneessa on generaattori ja esimerkiksi moottori tuottamassa liikettä. Tässä opinnäytetyössä kiinnitetään huomiota erityisesti dieselgeneraattoreihin. Dieselgeneraattori muodostuu dieselmoottorista, generaattorista, generaattorin ja dieselmoottorin välisestä voimansiirrosta, käyntitärinän eristimisestä ja rungosta. Varavoimakoneita käytetään yleensä kohteissa, joissa odottamaton sähkökatkos olisi hengenvaarallinen tai yhteiskunnallisesti kriittinen, kuten sairaaloissa, laiteloissa ja pankeissa. (5, s. 90.)

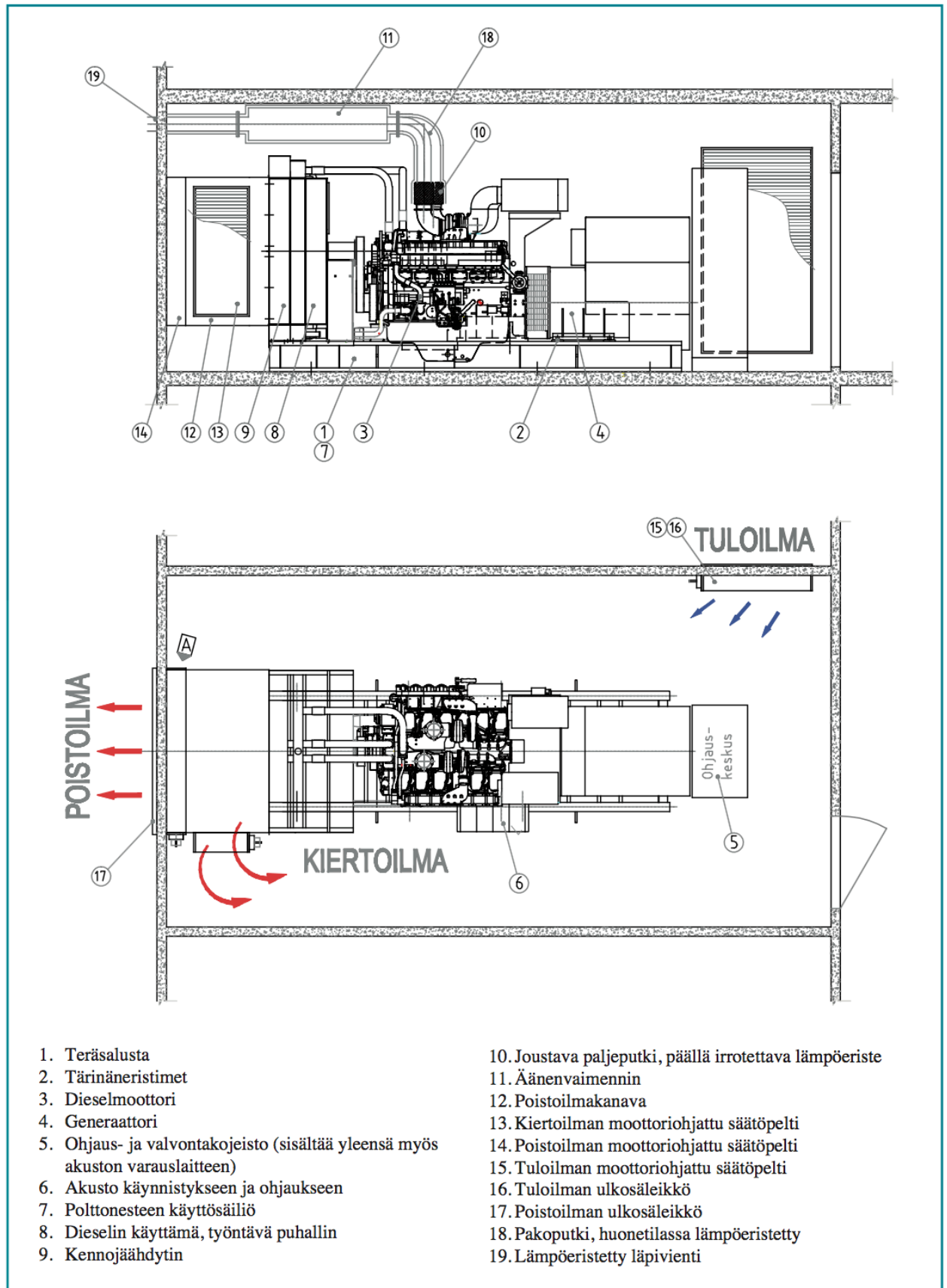


KUVA 5. Varavoimakone (6).

#### 4.1.1 Varavoimakonehuone

Varavoimakonehuone on nimensä mukaisesti laitteelle tarkoitettu oma tila, johon liittyy määräyksiä ja ohjeistuksia. Varavoimakonehuone tulee olla merkitty ja lukittavissa oleva tila, eikä huone saa olla läpikuljettava. Varavoimakonehuone on kuulolle vaarallinen tila, mikä pitää ilmoittaa selvästi. Varavoimakonehuoneessa on yleisesti tulo- ja poistoilmaventtiilit, käynnistysakut, varavoimakonekeskus, polttoainesäiliö ja ulosmenevä pakoputki (kuva 6). (5, s. 49.)

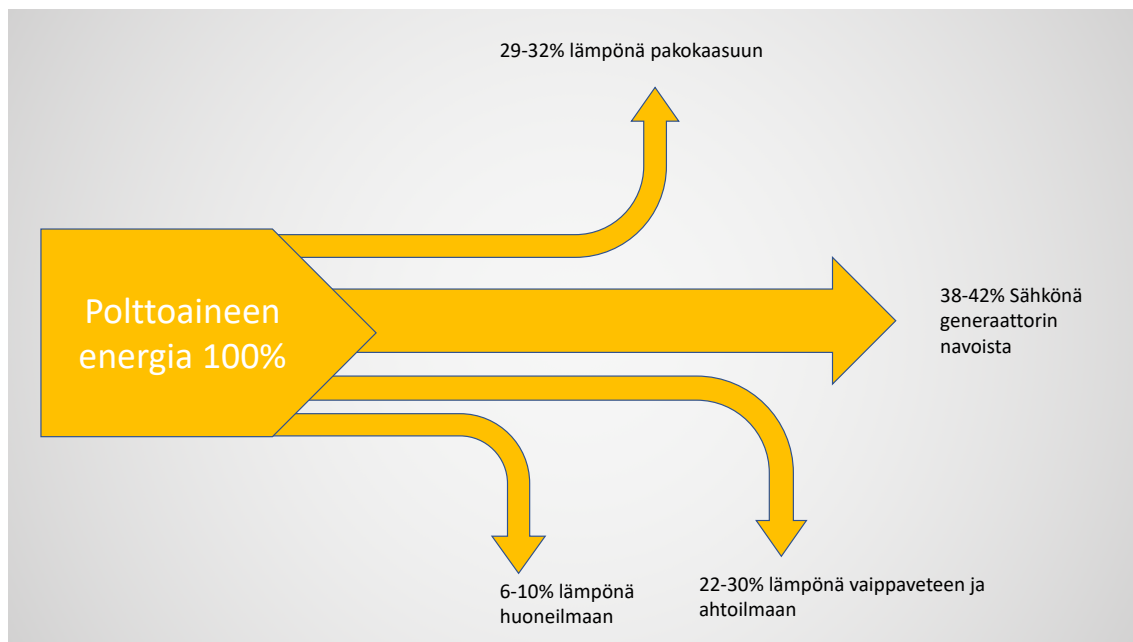
Varavoimakoneen sijoituspaikka tulee olla tasainen. Poikkeama saa olla enintään 4 mm kahden metrin matkalta. Huoneen lattian tulee kyetä kantamaan vähintään  $1\,500\text{ kg/m}^2$ . Varavoimakonehuonetta rakennettaessa tulee ottaa huomioon mahdollinen ympäristölle vaarallisten nesteiden vuotaminen seuraavasti: varavoimakonehuoneen lattian tulisi olla öljyn kestävä, huoneessa ei saisi olla lattiakaivoja, huoneessa tulisi olla kynnykset ja huoneen reunat ja korokkeet tulisi tiivistää. Huoneen tulisi toimia ikään kuin kaukalona mahdollisen vuodon tapahtuessa ja estää esimerkiksi öljyn pääseminen vahingoittamaan luontoa tai omaisuutta. (5, s. 49.)



KUVA 6. Varavoimakonehuoneen periaatekuva (5).

#### 4.1.2 Varavoimakonehuoneen jäähdytys

Varavoimakone muuttaa polttoaineen energian sähkötehoksi. Polttoaineen kokonaisenergiasta saadaan muutettua vain noin 1/3 sähkötehoksi, eli noin 38–42 %, jolloin loput ovat lämpötehoa (kuva 7). Noin 29–32 % energiasta vapautuu lämpönä pakokaasun mukana. Vaippaveteen ja ahtoilmaan vapautuu noin 22–30 % lämpöenergiaa kokonaisenergiasta. Loput, eli noin 6–10 % lämpöenergiaa vapautuu huoneilmaan.



KUVA 7. Varavoimalaitoksen energiatase (5).

Jäähdytysjärjestelmälle on olemassa tiettyjä vaatimuksia, jotka takaavat varavoimajärjestelmän toimivuuden. Varavoimakoneen ja konehuoneen jäähdytyksen on oltava riittävä kesähelteelläkin. Varavoimalaitteiston on toimittava myös kovimmilla pakkasilla. Varavoimakonehuoneen jäähdytystä suunniteltaessa voidaan kaavoista 1, 2 ja 3 arvioida sähkötehon perusteella vapautuva lämpöteho. (5, s. 50.)

*Lämpönä poistoilmaan = 0,65 x laitoksen sähköteho kilowatteina KAAVA 1*

*Lämpönä pakokaasuun = 0,85 x laitoksen sähköteho kilowatteina KAAVA 2*

*Lämpönä huoneilmaan = 0,25 x laitoksen sähköteho kilowatteina KAAVA 3*

Varavoimalaitteistosta aiheutuva melu ei saa olla liian voimakasta ympärillä olevalle asutukselle. Varavoimakonehuoneen tulo- ja poistoilmaventtiilien koko määrittyy varavoimalaitoksen suuruudesta Ohjeistuksena on, että ulkolämpötilan ollessa +30°C varavoimakonehuoneen lämpötila ei saa ylittää +40°C. Poistoilman lämpötila saa olla korkeimmillaan +65°C. Ulkolämpötilan ollessa -30°C tai alle tulee varavoimakonehuoneessa olla vähintään +5°C. Tulo- ja poistoilman nopeuden tulee olla noin 5 m/s ja säätöventtiilien tulee olla lämpöeristettyjä. Tuloilman puolelle voidaan asentaa puhallin, jos ilmanvastus on liian suuri. Puhallin tehostaa ilmanvaihtoa ja vapauttaa varavoimakonehuoneen mahdollisesta liiasta alipaineesta. Liian suuri alipaine hankaloittaa konehuoneen oven aukaisemista huomattavasti varavoimakoneen käydessä.

(5, s. 50.)

#### **4.1.3 DRUPS-Järjestelmä**

DRUPS tulee sanoista diesel rotary uninterruptible power supply. DRUPS-laitteessa on sisään rakennettu dynaaminen UPS-järjestelmä. Kyseisessä dynaamisessa järjestelmässä sähköverkko pyörittää jatkuvasti huimamassaa, joka pyörittää generaattoria. Sähkökatkoksen sattua huimamassa jää pyörimään, eikä katkoa sähkönsyötössä synny. Varavoimakone käynnistyy 2 sekunnin kuluttua sähkökatkoksesta. Tämänkaltaisen järjestelmän tarvitsee pienemmän tilan kuin varavoimakone, UPS ja akusto, eikä siihen tarvitse uusia akkuja määräajoin. (7.)

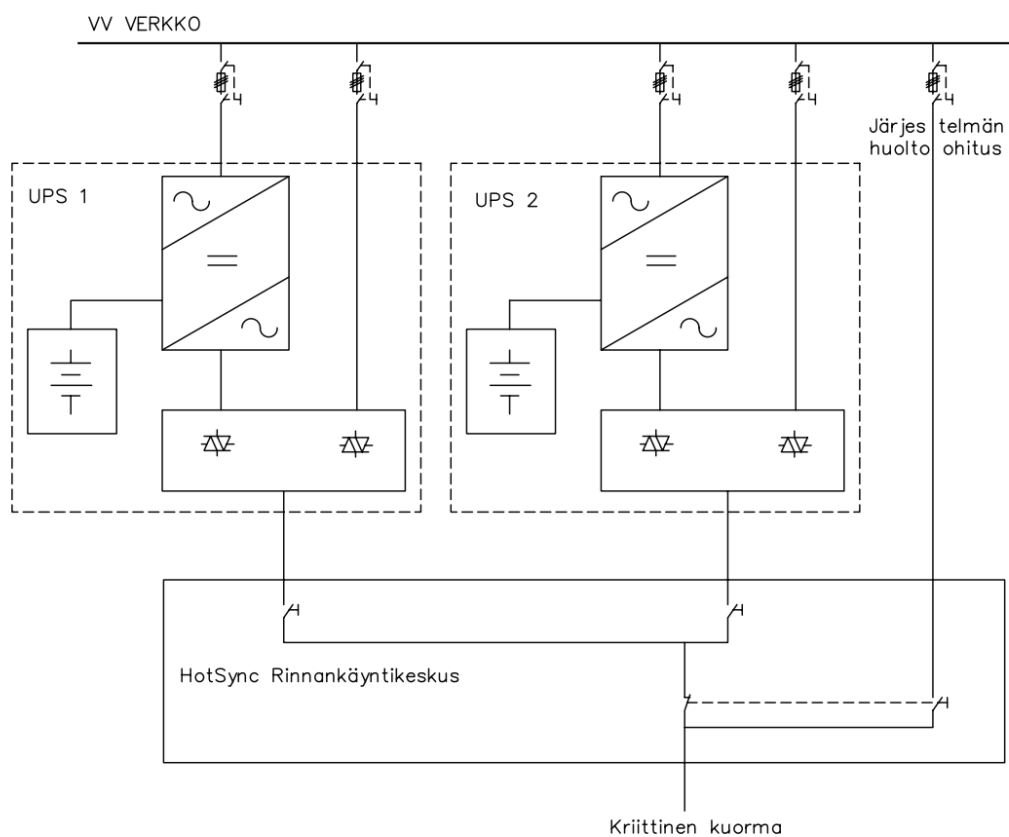
#### **4.1.4 Generaattori**

Generaattori on laite, joka muuttaa liike-energian sähköenergiaksi. Esimerkiksi dieselgeneraattorissa dieselmoottori pyörittää generaattoria. Varavoimalaitoksissa suositellaan käytettävän harjatomia kolmivaiheisia sisänapageneraattoreita. Generaattorille asetetaan tiettyjä vaatimuksia. Nimellisjännitteen on oltava 400/230V tai 690V, taajuuden 50Hz, ylimagnetoituna nimellistehokertoimen 0,8 ja eristysluokan vähintään H eli kykenee eristämään 180°C lämpötilan (8.) Generaattorin on kestävä 2,5-kertainen ylivirta sen nimellisvirrasta. Tällaista kuormitusta sen on kestävä vähintään 10 sekunnin ajan. Generaattorin käyttöpaikan tulee olla enintään 1 000 m merenpinnan yläpuolella ja ympäristön lämpötila saa enintään olla 40°C. Kun generaattori saavuttaa nimelliskäyntinopeuden, on generaattorin tuottaman virran noustava sen nimellisvirtaan kahdessa sekunnissa. (5, s. 94.)



## 4.2 UPS-järjestelmät

UPS suojaa laitetta tai kuormaa häiriöiltä ja yllättäviltä katkoilta. UPS-laitteisto toimii verkkovirran ja kuorman välissä (kuva 8). UPS-järjestelmät pitävät yleensä sisällään tasasuuntaajan, vaihtosuuntaajan ja kuorman ohituskytkimen. Sähkökatkon sattuessa UPS-järjestelmän akut tai huimamassa varmistavat sähkönsyötön kuormalle. Aika, jonka akkujen on kestättävä kuormaa, riippuu laitteiston käyttötarkoituksesta. UPS-järjestelmät luokitellaan kahteen pääryhmään: staattiset- ja dynaamiset UPS-järjestelmät. Staattiset UPS-järjestelmät käyttävät akustoja energian varastointiin, kun taas dynaamisissa UPS-järjestelmissä sen varastoi pyörivä huimamassa. (2, s. 59.)



KUVA 8. UPS-järjestelmän periaatekuva (2).

## 4.3 Akusto

Suurissa varmennettavissa kohteissa kuten laitetoissa tarvitaan isoja, monesta akusta koottuja akustoja varmistamaan katkeamaton virransyöttö (Kuva 9). Varavoimalaitteistossa akku on kriittinen ja kallis komponentti. Akun elinikä on yleensä 5 vuotta, joka on huomattavasti lyhyempi kuin

laitteiston muiden komponenttien. Akkujen kuntoa tulee tarkkailla säännöllisesti. Akustot suojataan yleensä akkuhuoneeseen asennettavilla pääsulakkeilla. (2, s. 83,178.)



KUVA 9. Akusto (9).

UPS-järjestelmät koostuvat yleensä akustoista. Akut ovat todella tarkkoja käyttölämpötilastaan. 10°C lämpötilan nousu puolittaa akun eliniän. Laitetiloissa lämpötilan nousu on hyvin yleistä, koska niissä sijaitsevat laitteet tuottavat paljon lämpöä. Varavoimakoneen vikaantuessa ja laitetilan ollessa akkujen varassa ei tilan jäähdytys ole käytössä. Amerikkalainen laitevalmistaja Eaton on vasta tuonut markkinoille kondensaattoritekniikalla toteutetun UPS-järjestelmän, jota he kutsuvat superkondensaattoriksi. Superkondensaattorit eivät kuumene samalla tavalla kuin akut ja niiden käyttöikä on noin 20 vuotta. Superkondensaattoreiden varmennusaika on noin 15–20 sekuntia. (10; 2, s. 83,178.)

#### 4.3.1 Akkuhuone

Isoissa kohteissa akuille tarvitaan oma turvallinen säilytyspaikka, jonne akusto kootaan. Tämä on akkuhuone, joka on suunniteltu akuston säilyttämiseen. Akkuhuoneelle on SFS-EN 50272-2-standardi, jonka vaatimukset akkuhuoneen tulee täyttää. Ensimmäisenä akkuhuoneen lattian tulee kestää akkujen raskas massa, jonka pitää olla myös laajennettavissa. Avokennoja käytettäessä lattian tulee olla materiaalia, joka kestää elektrolyyttiä ja sen mahdollisia kemiallisia vaikutuksia, tai akut on asetettava vaatimukset täyttävälle alustoille. Alustaan on mahduttava vähintään yhden yksittäisen tai ryhmäakun kennon elektrolyytti. Akkuhuoneen poistoilma on tuotava ulos rakennuksesta.

Akkuhuoneen lattian resistanssin on oltava riittävä takaamaan ihmisten turvallisuus. Akkuhuoneessa on oltava standardin mukaiset varoitus- ja kieltokyltit. (2, s. 195.)

#### 4.3.2 Akkuhuoneen ilmastointi

Akkuhuoneen ilmanvaihdon takaaminen on todella tärkeää, jotta varmistetaan turvallinen ja optimaalinen käyttöympäristö akuille. Liian korkeassa lämpötilassa akut ovat vaarassa räjähtää. Ilmanvaihto voidaan toteuttaa koneellisesti tai ihanteellisessa tilanteessa luonnollisen ilmanvaihdon avulla, mikäli se on mahdollista. Akkuhuoneissa, kuten koteloissakin, on aina oltava tulo- ja poistoilmalle tuuletusaukot. Ne tulee lähtökohtaisesti sijoittaa vastakkaisille seinille. Mikäli se ei ole mahdollista, tulee tuuletusaukkojen etäisyys toisistaan olla vähintään 2 metriä. Aukkojen pinta-ala saadaan selville kaavasta 4. (2, s. 196.)

$$A = 28 * Q$$

KAAVA 4

$Q$  = Vaadittava ilmanvaihto  $\text{m}^3/\text{h}$

$A$  = Tuuletusaukkojen vapaa pinta-ala  $\text{cm}^2$

Kaavassa oletettu ilmavirtauksen nopeus on 0,1 m/s, mikä tulee huomioida suunniteltaessa akkuhuoneen ilmastointia. Luonnollisen ilmanvaihdon ollessa riittämätön, vaadittavaan ilmanvaihtoon pääsemiseksi joudutaan käyttämään koneellista ilmanvaihtoa. Jotta varmistetaan riittävä jäähdytys kaikissa tilanteissa, tulee ilmanvaihdon olla vikahälytysten takana, eikä vaaratilannetta jäähdytyslaitteen toiminnan lakkaamisen takia saa syntyä. (2, s. 196.)

#### 4.4 Tasasuuntaajajärjestelmät

Tasasuuntaaja on laite, joka muuttaa vaihtovirran tasavirraksi. Laitetiloissa olevat tasasuuntaajajärjestelmät koostuvat rinnan kytketyistä tasasuuntaajista. Lisäksi järjestelmään kuuluu akuston liittymämoduuli, valvontamoduuli ja asiakaskohtainen jakelumoduuli. Viestintäverkon jännite on yleensä 48 Vdc ja se on plusmaadoitettu. Tasasuuntaajat toimivat hakkuriperiaatteella korkean hyötysuhteen ja pienen fyysisen koon takia. Tasasuuntaajajärjestelmän tasasuuntaajien määrä riippuu varmennettavan laitteiston tehon tarpeesta ja akuston kapasiteetista. Tasasuuntaajat tulisi mitoittaa N+1 periaatteella, jolloin on aina varalla yksi ylimääräinen tasasuuntaaja. (2, s. 80.)

## 5 HUOLTO

Kattavalla ja säännöllisellä huolto-ohjelmalla varmistetaan varavoimalaitteiston toiminta sähkökatkon sattuessa. Huollon tulee olla hyvin suunniteltua, tehokkaasti toteutettua ja säännöllistä. Varavoimalaitteiston huoltoon liittyy lainmukaisia pakotteita.

### 5.1 SFS 6002-standardin mukaiset huolto-ohjeistukset ja määräykset

Varavoimalaitokselta vaaditaan ehdotonta käyttövarmuutta, sillä sen toimivuuteen on voitava luottaa täysin, vaikka se pääasiassa pysyykin käyttämättömänä pitkiä aikoja. Laitteen käyttöönoton jälkeen käyttövarmuuden ylläpito on kiinni siitä, miten hyvin käyttö ja huolto on järjestetty. Suunnitelmallisuus on perustana sille, että käyttövarmuuden ylläpitämiseksi vaadittujen tehtävien kustannukset pysyvät pieninä. Ennakointi ja jatkuvuus ovat kunnossapidon tärkeimmät osa-alueet, mistä johtuen varavoimalaitoksen liittäminen osaksi kiinteistön ylläpitosuunnitelmaa on tärkeää. (5, s. 149.)

Varavoimalaitteiston ohjeistosta luovutetaan vähintään 2 kappaletta A4-kokoista, rakenteeltaan tukevaa kansiota. Mikäli ohjeisto vahingoittuu tai katoaa, on tärkeää, että siitä on toimitettu useampi kappale. Varavoimahuoneessa on säilytettävä yhtä toimitetuista ohjeistoista. Varavoimalaitosta koskevat piirustukset ja dokumentit olisi hyvä toimittaa myös sähköisessä formaatissa. Tämä voi käydä myös huoltokirja-aineistona kiinteistölle. Valmistaja, maahantuoja sekä käytössä oleva yksilöivä tunnus on oltava selkeästi merkittynä päänimikkeiden osalta varaosaluetteloissa. Selkeä nimeke on kuitenkin riittävä standardiosien kohdalla. (5, s. 149.)

Varavoimalaitokselle tulisi käyttövarmuuden turvaamiseksi nimetä tehtävänsä hyvin perehdytetty vastuhenkilö. SFS 6002-standardi määrittää laitoksen hoitajalta vaadittavan koulutuksen työturvallisuuden ja pätevyyden osalta. Varavoimalaitokselle asetettu käyttövarmuusvaatimus tarkoittaa minkälaisista laitetuntemusta laitoksen hoitajalta vaaditaan yleisempien taitojen lisäksi (sähkökoneet, dieselmoottorit, automatiikkojen laitetuntemus, LVI-laitteet). Hoitajalle tulee nimetä myös varahenkilö lomien ja sairastumisen varalta. Tulee olla varmuus siitä, että aina joko vastuhenkilö tai varahenkilö on tarpeeksi nopeasti tavoitettavissa. (5, s. 149.)

Käyttövarmuuden säilyttämisen kannalta on tärkeää, että varavoimalaitosta koekäytetään riittävän säännöllisesti kuormituksen alaisena. Varavoimalaitokselle mahdollisesti asetetun käytettävyystavoitteen mukaan laitoksen hoitajan tehtävänä on merkitä käyttöpäiväkirjaan takuuajan viallisuus- ja huoltoajankohdat. Käytettävyys voidaan merkitä myös suoraan erilaisiin tietojärjestelmiin. Kun takuu-aika päättyy, katselmuksen avulla arvioidaan, onko asetetut tavoitteet saavutettu, sekä niiden epäonnistuessa sovitaan mahdollisista jatkotoimenpiteistä. (5, s. 149.)

Dieselgeneraattoria tulee huoltaa säännöllisin määräajoin, jotta sen toimintavarmuus ja käytettävyys säilyvät hyvinä. Katsomatta käyttötuntien määrään, huoltoja tulisi tehdä minimissään yhden kerran vuodessa. Mikäli dieselgeneraattori on runsaassa käytössä, tulisi huoltoajat toteuttaa valmistajan suositusten mukaisesti käyttötuntien mukaan. Tämä on myös edellytys takuun voimassaololle. (5, s. 149.)

Useimmissa tapauksissa muissa kuin asuinkiinteistöissä sijaitsevien sähkölaitteistojen määräaikaistarkastusten väli saa olla enintään 10 tai 15 vuotta (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016). Mikäli laitteisto on kuitenkin tärkeässä roolissa ja päivittäisessä käytössä, tulisi tarkastuksia tehdä useammin. Noin 3 vuotta on hyvä määräaikaistarkastusjakso verkossa, jossa on varavoimalaitteita. Määräaikaistarkastukseen kuuluu teknisen tarkastamisen lisäksi myös dokumenttien tarkastamista, pistokokeiden muodossa, ottaen huomioon kohteen laajuuden. (5, s. 149.)

## **5.2 Yleisimmät varavoimakoneen huoltotoimenpiteet**

Vuosihuoltojen lisäksi olisi syytä tehdä koko laitetilalle oikeaa vikaa simuloiva testi, jossa katkaistaan kiinteistön sähkönsyöttö pääkatkaisijalla. Tällä tavalla nähdään, miten varmennus toimii oikeassa tilanteessa. Tällaisessa kokeessa tulee olla riittävät valmiudet reagoida mahdollisiin vikatilanteisiin. Näin käy myös ilmi, ovatko kaikki halutut laitteet varmennetun sähkönsyötön verkossa. Testin aikana on syytä tarkistaa, onko varmennettu valaistus riittävä toimimiseen vikatilanteessa. Tällainen testi tulisi tehdä vuosihuollon jälkeen, jotta varmistutaan huollon olleen riittävä. Testiin olisi myös hyvä liittää pitempi, jopa 8 tuntia kestävä koekäyttö kuorman kanssa. (11.)

### **5.3 Varavoimakonehuollon erityistä huomiota vaativat kohdat**

Varavoimakonelaitteistossa on selvästi tiettyjä osa-alueita, jotka tarvitsevat erityistä huomiota. Varavoimakoneen jäähdytysjärjestelmä on yksi laitteiston vikaherkimmistä komponenteista. Varavoimakoneet ovat yleensä vähäisellä käytöllä ja sijaitsevat esimerkiksi varastotiloissa, joissa sisäilma muuttuu paljon vuodenaikojen mukaan. Huoltoja ja muita toimenpiteitä suorittavalla henkilöllä olisi hyvä olla mukana akkukäynnistin, jolla saadaan varavoimakone käynnistettyä akkuvian sattuessa. Laitetilat ovat erityisen herkkiä kohteita, siksi riskien arviointi on tärkeää varsinkin vaativammissa huoltotoimenpiteissä. (12.)

#### **5.3.1 Jäähdytysnesteen putkisto**

Muoviset putket laitteistossa haurastuvat ja menettävät elastisuutensa, josta voi tulla vakaviakin seurauksia. Jäähdytysneste on laitteistolle elintärkeä. Jos jäähdytysneste ei pääse kulkemaan laitteistossa, seuraa sen ylikuumentuminen. Tämän seurauksena varavoimakone pysähtyy ja pahimmassa tapauksessa moottori rikkoutuu. Putkiston kunto tulisi tarkistaa huolella joka huollon yhteydessä. (13.)

#### **5.3.2 Termostaatti**

Termostaatti on laite, joka säätää moottorin sisäistä lämpötilaa. Moottorin termostaatti on komponentti, joka ei ulkoisesti herätä epäilystä vikaantumisesta. Tämän takia termostaatti tulisi vaihtaa määrätyin väliajoin valmistajan lupaaman eliniän mukaan. Moottorin termostaatti säätelee moottorin sisäistä lämpötilaa jäähdytysnesteen avulla. Termostaatin rikkoutuessa jäähdytysneste ei pääse jäähdyttämään moottoria, josta seuraa ylikuumentuminen ja laitteiston sammuminen. Pahimmassa tapauksessa tästä voi seurata jopa rikkoutuminen koneen sammuaessa täyden kuorman aikana. Tämä tosin on harvinaista. Yliasentaja Vesa Raatikaisen mielestä termostaatit tulisi vaihtaa aina, jos koneesta on tullut yllämpöhälytys. Yllämpö saattaa vahingoittaa termostaattia, vaikka sitä ei heti huomaisikaan. Suuremmissa koneissa on useampia termostaatteja, joten yhden rikkoutuminen ei ole vaaraksi varmennetulle järjestelmälle. Tämä vaati tapauskohtaista harkintaa vaihtoväleistä. (13.)

### 5.3.3 Jäähdytysnesteen vaihtaminen

Jäähdytysneste tulisi vaihtaa 4–5 vuoden välein. Usein varsinkin vanhoissa varavoimakoneissa vanhan jäähdytysnesteen sekaan muodostuu paljon korroosiosta aiheutunutta ruostetta. Kun jäähdytysnesteen sekaan pääsee ruostetta, voi se pahimmassa tapauksessa tukkia jäähdytysnesteen kulun, josta seuraa moottorin ylikuumeneminen ja sammuminen. Jäähdytysnesteen vaihdolla voidaan ehkäistä ruosteen syntymistä jäähdytysnesteen sekaan. Ruosteen ilmestyessä tulee jäähdytysnestejärjestelmä huuhdella kokonaisuudessaan. (12.)

Suomen markkinoille on tullut vedettömiä jäähdytysnesteitä. Yksi vedettömän jäähdytysnesteen valmistaja on amerikkalainen EVANS. Valmistajan mukaan kyseinen jäähdytysneste ei aiheuta korroosioita, eikä sitä tarvitse ikinä vaihtaa. Vedetön jäähdytysneste on huomattavasti kalliimpaa kuin tavallinen jäähdytysneste. Kyseistä tuotetta on myyty jo kauan Amerikassa, mutta siitä on yhä vain vähän tietoa saatavilla. Vedettömän jäähdytysnesteen käyttö varavoimakoneissa voisi olla hyvä ratkaisu vähentämään korroosion aiheuttamia vikoja koneessa. Aiheesta löytyvän tiedon niukkuus ja vähäinen myynti Suomessa edellyttävät suhtautumaan tuotteeseen tietyllä varauksella. (13.)

### 5.3.4 Verkkokontaktori

Verkkokontaktori on kytkin, joka ohjaa sitä, tuleeko laitteistoon syötettävä sähkö valtakunnan verkosta vai varavoimakoneelta. Yleinen toimintaperiaate on se, että normaalitilanteessa verkkokontaktorin läpi kulkee laitteistolle kiinteistön sähkö. Kiinteistön sähköverkon vikaantuessa verkkokontaktori vaihtaa asentoa, jolloin sähköverkkoa syöttää varavoimakone. (14.)

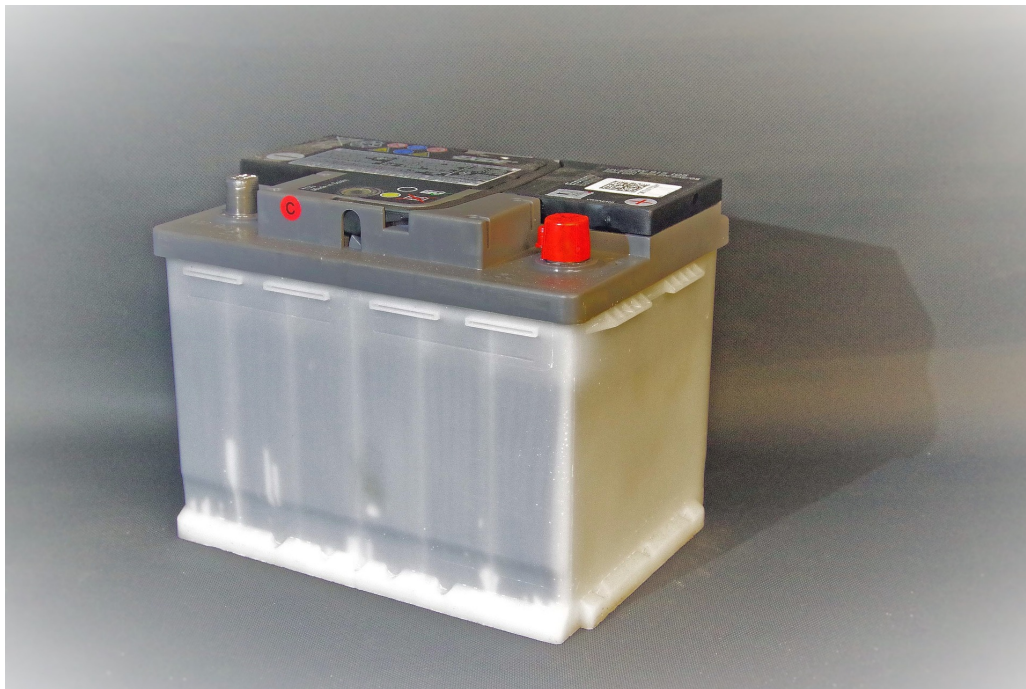
Verkkokontaktori on yksi varavoimalaitteiston hankalimmista komponenteista, sillä sen todellista kuntoa ei havaita silmämääräisessä tarkastuksessa. Verkkokontaktorin rikkoutuessa varavoimakone ei tuota sähköä verkolle, eikä kiinteistön sähköverkosta saada virtaa, koska verkkokontaktori ei sitä vikaantuessaan johda. (14.)

Verkkokontaktorit eivät ole universaaleja, joten varaosat on tilattava erikseen. Verkkokontaktorin rikkoutuessa voidaan siirtää generaattorikontaktori rikkoutuneen verkkokontaktorin tilalle. Generaattorikontaktori ja verkkokontaktori ovat yleensä samanlaiset samassa laitteessa. Tällä tavalla saadaan kytkettyä laitteet kiinteistön sähköverkkoon, mutta varavoimakone ei ole valmiustilassa.

Tällaisessa tilanteessa kiinteistön sähköverkon vikaantuessa ei saada sähköverkkoa varavoimakoneen taakse. Kriittisiin kohteisiin olisi hyvä harkita varaverkkokontaktorin hankkimista valmiiksi. Tällä tavalla pystytään turvaamaan laitteiston jatkuva käyttövarmuus.

### 5.3.5 Dieselmoottorin käynnistysakut

Yksi yleisistä vikaantumisen kohteista varavoimakoneessa ovat käynnistysakut. Akkujen vaihtoväli on 5 vuotta, mutta tästä huolimatta akkuja rikkoutuu jatkuvasti. Käynnistysakkuja valittaessa, vaaditaan suurta tarkkuutta ja kokemuksia siitä, miten erilaiset akut käyttäytyvät tehtävässään. Yli-asentaja Vesa Raatikaisen kokemuksen perusteella AGM-akut soveltuvat varavoimakoneen käynnistysakuiksi (kuva 10). Varavoimakoneen käydessä varavoimakonehuoneen lämpötila saattaa nousta jopa 40°C:een. Vaikka lämpötilan nousu onkin hetkellistä, tämä ei ole ihanteellinen lämpötila akuille. Kohteissa, joissa on ongelmaa lämpötilan kanssa, voidaan harkita siirtymistä litium-ioni-akkuihin, jotka eivät ole yhtä herkkiä ympäristön lämpötilalle. Toinen vaihtoehto on siirtää käynnistysakut pois varavoimakonehuoneesta.



KUVA 10. Käynnistysakku (15).



### 5.3.6 Akkulaturi

Rikkoutunut akkulaturi ei lataa akkuja, minkä seurauksena niissä ei ole tarpeeksi virtaa käynnistää dieselmoottoria verkkokatkoksen sattuessa. Yliasentaja Vesa Raatikainen suosittelee suomalaista Powerfinnin valmistamaa akkulaturia, jonka voi säätää käytettävälle akkutypille sopivaksi. Vanhoista koneista olisi hyvä vaihtaa akkulaturi uudempaan vuosihuollon yhteydessä.

### 5.3.7 Automatiikan vaihtaminen

Vanhoissa varavoimalaitteistoissa dieselgeneraattori voi olla vielä hyvässä kunnossa, mutta automatiikka käy vanhaksi uusien tarpeiden myötä. Näissä tapauksissa voidaan harkita automatiikan uusimista (kuva 11). Tällä tavoin saadaan vanhaan dieselgeneraattoriin esimerkiksi tahdistus rinnankäyttöä varten. Automatiikan uusiminen vaatii kuitenkin tarkkaa harkintaa. Täytyy miettiä laitteiston nykyinen kunto, teho, tulevaisuuden tarve ja ikä. Noin 20–25 vuotta vanhoihin varavoimalaitteistoihin ei kannata automatiikkaa vaihtaa muuta kuin erikoistapauksissa, kuten esimerkiksi tilanteissa, joissa laitteisto on erityisen suuri tai vaihtokustannukset ovat huomattavat. (16.)



KUVA 11. Varavoimakoneen automatiikka (17).

## **5.4 UPS-järjestelmien, tasasuuntaajien ja akuston huolto**

Staatitset UPS-järjestelmät ja tasasuuntaajat ovat laitteita, jotka perustuvat pääsääntöisesti elektronikkaan. Tästä syystä isommat huoltotoimenpiteet suorittaa valmistajan valtuuttama huoltoliike. Koska nämä järjestelmät perustuvat akkuihin, ympäristön lämpötilalla on suuri merkitys. Vuosihuollon yhteydessä on hyvä imuroida tasasuuntaajien ja UPS:ien tuulettimet ja tarkastaa akkuhuoneen ilmastoinnin riittävyys ja toimivuus, mikäli käytössä on koneellinen ilmanvaihto.

## **5.5 Tarvikkeiden yhdenmukaisuus**

Akut, jäähdytysnesteet, akkulaturit ynnä muut määräaikaaisesti vaihdettavat komponentit olisi hyvä yhdenmukaistaa. Kun puhutaan isoista massoista, voidaan saada iso taloudellinen hyöty kilpailuttamalla komponenttivalmistajia. Laitetilan omistajat pystyisivät laatimaan käytettävien varaosien listan, joita sovellettaisiin valtakunnallisesti. Tällä tavalla saataisiin yhdenmukaisuutta laitetiloihin, ja voitaisiin puhua sopimuksista toimittajien kanssa. Tämä vaatii suurta tarkkuuta, ettei listalle pääse komponentteja, joiden toimintaa omassa järjestelmässä ei ole testattu (13).

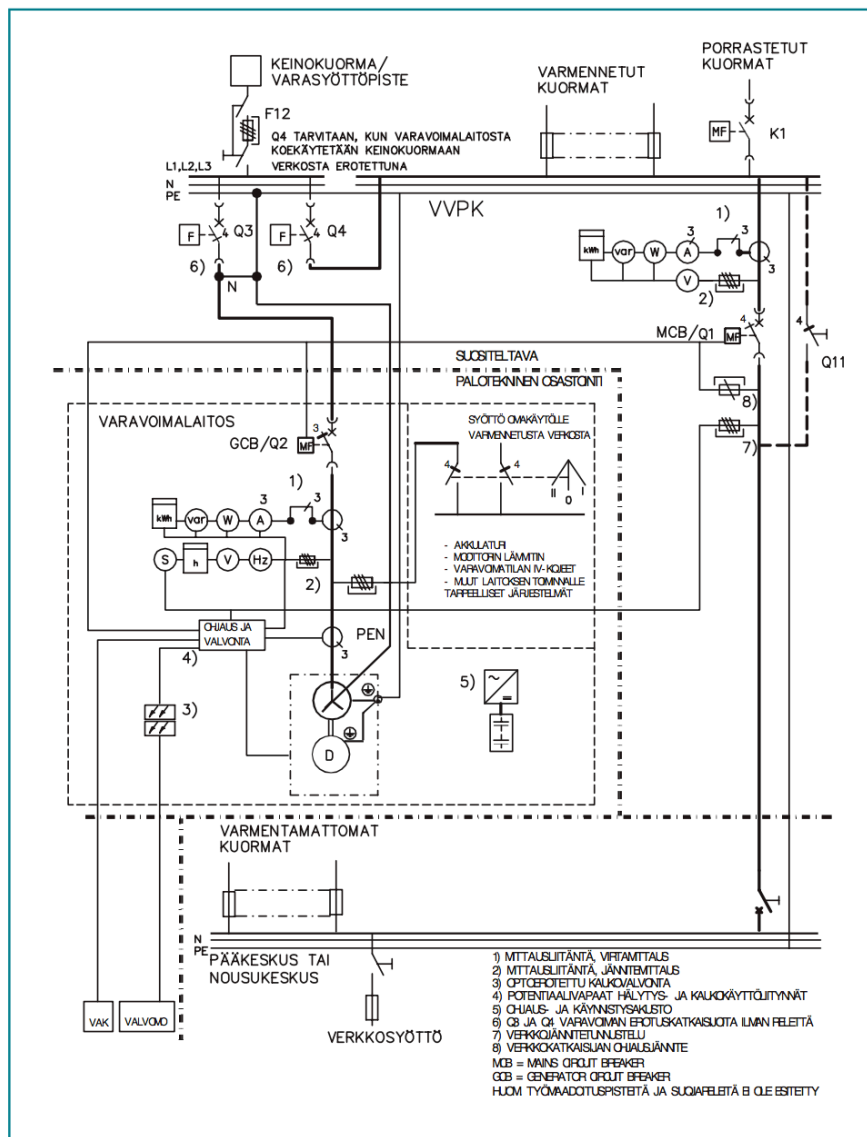
## **5.6 Varavoimakoneen vikatilanteisiin varautuminen**

Varavoimakone ei lähtökohtaisesti saisi ikinä vikaantua täysin. Laitteistoa tulee huoltaa jatkuvasti, jotta päästään tähän lopputulokseen. Puhuttaessa mekaanisesta, monen komponentin ja laitteiston yhteisestä toimivuudesta, tosiasia on kuitenkin se, ettei 100% käyttövarmuuteen ikinä päästä järkevillä kustannuksilla. Tästä syystä tulisi tietää mitä tehdään, jos pahin mahdollinen tapahtuisi. Varsinkin kriittisimmille paikoille olisi hyvä luoda toimintasuunnitelma vian sattuessa.

Kriittiset laitetilat on yleensä varmistettu myös akustoilla, jotka antavat laitteistolle sähköä varavoimakoneen käynnistyessä ja sen vikaantuessa. Hyvässä kunnossa olevan ja oikein mitoitettun akun tulisi pystyä syöttämään sähköä kuormalle 2–3 tuntia. Varavoimakoneen rikkoutuessa on reilu 2 tuntia aikaa saada vika korjattua. Voidaan joutua tilanteeseen, jossa valtakunnan sähköverkko on alhaalla ja varavoimakoneessa on vika. Varavoimakonetta on yritetty korjata 2 tuntia ilman onnistumista. Viimeistään tässä vaiheessa pitäisi saada jokin vaihtoehtoinen sähkön lähde, esimerkiksi siirrettävä varavoimakone. Tällaisten tilanteiden varalle tulisi olla tiedossa, mistä saa tiettyyn kohteeseen sopivan siirrettävän varavoimakoneen ja mihin se tulisi sijoittaa. Vaikkakin kyseisenlaiset

tilanteet ovat harvinaisia, olisi silti hyvä varautua pahimpaan mahdolliseen. Sillä parannetaan laitteiston käyttövarmuutta.

Yleensä kriittisissä kohteissa on 24/7 päivystys. Päivystäjälle voi tulla hälytys kolmelta aamuyöstä. Hän saapuu kohteeseen ja laitetila on täysin akkujen varassa ja täysin valoton. Asentaja joutuu selvittämään varmennetun sähkönsyötön rakenteen, jotta vikapaikka saadaan paikannettua. Tällaisten tilanteiden varalle varmennetun verkon pääkaavion tulisi olla aina varavoimakoneen lähettyvillä (kuva 12).



KUVA 12. Esimerkkikuva varavoimaverkon pääkaaviosta (5).

## 5.7 Pitkän tähtäimen suunnitelma

Varavoimalaitoksissa on paljon kalliita komponentteja, jotka täytyy uusida määräajoin. Varsinkin, jos laitteiston haltijan vastuualueeseen kuuluu monia varavoimalaitoksia, on hyvä luoda pitkän tähtäimen suunnitelma. Pitkän tähtäimen suunnitelma alkaa laitteiston nykykunnosta ja se voidaan laatia tarpeen mukaan esimerkiksi 5, 10 tai 20 vuodeksi. Suunnitelmaan merkitään taloudellisesti merkittävät tapahtumat, kuten suuret massavaihdot ja laitteistojen, kuten UPS-järjestelmien uusiminen. Pitkän tähtäimen suunnitelma on apuna, kun suunnitellaan uusia investointeja. Vuoden budjetointivaiheessa huomataan, mitä investointeja varavoimalaitteisto milloinkin tarvitsee. (12.)

## 6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli kartoittaa yleisimmät varavoimakoneen ja koko varavoimajärjestelmän ongelmat ja tuoda niihin toimivia ratkaisuja, joita on esitelty tässä työssä. Suurimpana tiedonlähteenä työssä toimivat alan ammattilaiset, jotka toivat esiin todellisia ongelmia kuten jäähdytysjärjestelmän heikkouksia ja verkkokontaktorin kriittinen asema laitteistossa.

Opinnäytetyössä ilmenneet asiat tulee ottaa huomioon huoltosuunnitelmaa laatiessa. Jokaisessa kohteessa tulee huomioida laittilan tärkeysluokat. Huoltotoimenpiteitä arvioidessa tulee huomioida niiden kustannus ja hyöty. Pienissä kohteissa, joissa sähkökatkoksen aiheuttamat kustannukset tai menetykset eivät ole suuria, tulee huollon investoinnit pitää matalana. Kattava vuosihuolto ohjelma takaa pienenkin laitteiston toimivuuden monien vuosien ajan ja näin vältetään isoilta investoinneilta, jotka yleensä johtuvat huollon laiminlyönnistä.

Kriittisissä kohteissa tulee pyrkiä katkottomaan sähkönsyöttöön joka tilanteessa. Tämän mahdollistamiseksi tulee pystyä ennakoimaan mahdollisia vikatilanteita. Laittilojen omilla varaosilla voidaan ehkäistä suuriakin vikoja. Varavoimakone on varmennetun sähkönsyötön kulmakivi. Tämän rikkoutuessa tulee olla vaihtoehtoinen ratkaisu varmentaa sähköverkko. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi siirrettävällä varavoimakoneella.

UPS-järjestelmien, tasasuuntaajien ja akustojen huolto täytyy toteuttaa valmistajan valtuutettujen huoltoliikkeiden kautta. Näiden huoltojen ja akkujen vaihtovälejä on noudatettava, jotta saavutetaan laitteiden tuoma käyttövarmuus. Akkuille riittävä ilmastointi on erityisen tärkeä. Akkujen ihanteellinen käyttölämpötila on 20°C. 10°C lämpötilan nousu puolittaa akkujen käyttöiän. Tästä syystä on tärkeää huoltaa ja tarkastaa laittilan jäähdytysjärjestelmät ja UPS-järjestelmien omat jäähdyttimet.

Nykypäivänä pyritään digitalisoimaan ja tekemään nopeampia ja varmempia tietoliikenneverkkoja. Tästä syystä laittilojen merkitys vain kasvaa ja niistä tulee entistä kriittisempiä. Akkuteknologia kehittyy jatkuvasti ja energian varastointiin kehitellään vaihtoehtoisia ratkaisuja. Nämä tulevat olemaan isossa roolissa laittilojen sähkön varmennuksessa. Aurinkopaneelien yleistyessä ne tulevat todennäköisesti löytämään tiensä myös laittilojen katoille.

## LÄHTEET

1. Server. Pixbay. Saatavissa: <https://pixabay.com/en/server-space-the-server-room-dark-2160321/>. Hakupäivä 11.04.2018.
2. Bovellan, Kari - Hakanen, Pertti - Heikkilä, Jorma - Kapp, Henri - Kivekäs, Seppo - Kousua, Pertti - Poikonen, Pasi - Sahlström, Tapani - Tummavuori, Juha 2005. ST-käsikirja 20 - Varmennetut sähköjakelujärjestelmät. Espoo: Sähkötieto ry.
3. 54 B/2014 M. Määräys viestintäverkkojen ja -palvelujen varmistamisesta sekä viestintäverkkojen synkronoinnista. Viestintävirasto. Saatavilla: <https://www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/Viestintavirasto54B2014M.pdf>. Hakupäivä 3.1.2018.
4. Tier 3:n ja Tier 4:n sisäistäminen. 2018. OVH-Hostage. Saatavissa: [https://www.ovh-hosting.fi/dedikoidut\\_palvelimet/t3-t4-selvennys.xml](https://www.ovh-hosting.fi/dedikoidut_palvelimet/t3-t4-selvennys.xml). Hakupäivä 13.1.2018.
5. Hakkal, Paavo - Hakkanen, Pertti - Kortelainen, Tero - Kousa, Pertti - Laaksonen, Matti - Nurmi, Marko - Piippo, Esa 2013. ST-Käsikirja 31 - Varavoimalaitokset. Espoo: Sähkötieto ry.
6. Diesel-generator. Pixbay. Saatavissa: <https://pixabay.com/en/diesel-generators-generator-1462424/>. Hakupäivä 11.04.2018.
7. DRUPS-laitteistot. 2018. kW-set. Saatavissa: <http://www.kwset.fi/fi/varavoimalaitteet/drups-laitteistot/>. Hakupäivä 24.2.2018.
8. Moottoreiden laatuopas. 2003. ABB. Saatavissa: <https://library.e.abb.com/public/49d50c78179dab40c2256d28002bfd63/Moottoreiden%20laatuopas%2003-2003.pdf>. Hakupäivä 24.2.2018.
9. Data-center. Pixbay. Saatavissa: <https://pixabay.com/en/data-center-the-engine-room-2476790/>. Hakupäivä 11.04.2018.
10. Eaton Supercapacitor Energy Storage Modules Reduce Long-Term Costs of Backup Power UPS Systems by Providing Longer Life Alternative to Batteries. 2015. Eaton. Saatavissa:

[http://www.eaton.com/Eaton/OurCompany/NewsEvents/NewsReleases/PCT\\_1597066](http://www.eaton.com/Eaton/OurCompany/NewsEvents/NewsReleases/PCT_1597066).

Hakupäivä 25.3.2018.

11. Häyrynen, Miikka. Caverion Suomi Oy. 2017. Haastattelu Oulussa 12.12.2017.

12. Judén, Jari. Voimalaitteiden asiantuntija, Caverion Suomi Oy. 2018. Puhelinhaastattelu 24.2.2018.

13. Raatikainen, Vesa. Yliasentaja, Caverion Suomi Oy. 2018. Haastattelu Oulussa 20.2.2018.

14. Huovinen, Arto. Varavoimakoneiden asiantuntija, Caverion Suomi Oy. 2017. Haastattelu Oulussa 19.12.2017.

15. Battery. Pixabay. Saatavissa: <https://pixabay.com/en/battery-car-995257/>. Hakupäivä 11.04.2018.

16. Oikarinen, Vesa. Varavoimakoneiden asiantuntija, Caverion Suomi Oy. 2018. Haastattelu Oulussa 24.1.2018.

17. Varavoimakoneen automatiikan modernisointi. kW-set. 2018. Saatavissa: <http://www.kwset.fi/fi/modernisointi/>. Hakupäivä 26.3.2018.